

EVOLUCIÓN DE LA CUENCA GOLFO SAN JORGE: SU ESTRUCTURACIÓN Y RÉGIMEN TECTÓNICO

Victor A. RAMOS¹

¹ Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, CONICET. E-mail: andes@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

La Cuenca del Golfo de San Jorge es una cuenca desarrollada al este de los primeros contrafuertes de la Cordillera Patagónica entre los 44° y 48°S de latitud que ha tenido una compleja historia geológica. Su basamento estuvo estructurado por una importante deformación compresiva asociada a una colisión neopaleozoica, seguido de períodos extensionales en el Jurásico Temprano vinculados a la apertura del Mar de Weddell. En forma casi ortogonal se le superpone en el Jurásico Tardío un fracturamiento extensional asociado a la apertura del Atlántico sur. Un régimen extensional predominó durante el Cretácico Temprano, esta vez producido por subducción con extensión, regida por el movimiento absoluto de la placa Sudamericana. El inicio de la compresión en el Cretácico Tardío controló la subsidencia de carga tectónica de los depósitos continentales del Grupo Chubut en una cuenca de antepaís. Esta cuenca con un basamento altamente segmentado y con márgenes no confinados favoreció en el Cretácico Tardío la existencia de un fallamiento distensivo con una orientación subparalela al esfuerzo compresivo principal máximo. Este sistema continuó durante el Paleógeno temprano, con conspicua rotación de los esfuerzos, que culmina en el Oligoceno con extensión primaria incipiente asociada a un volcanismo de intraplaca basáltico alcalino. Éste, estuvo asociado a una disminución del desplazamiento absoluto de la placa Sudamericana. La cuenca culmina su estructuración en el Neógeno produciendo la estructura actual de la faja plegada y corrida de los Bernárdides.

Palabras clave: *Patagonia, extensión, compresión, Mar de Weddell, Atlántico Sur*

ABSTRACT

Evolution of the Golfo San Jorge Basin: structure and tectonic regime

The Golfo de San Jorge Basin is a basin developed to the east of the first foothills of the Patagonian Cordillera between 44° and 48° S latitude, which has a complex geological history. Its basement was structured by a large compressive strain associated with a Neopaleozoic collision, followed by important extensional periods linked to the Jurassic opening of the Weddell Sea. An extensional fracturing, associated with the opening of the South Atlantic in the Late Jurassic, is superimposed in an almost orthogonal orientation. An extensional regime prevailed during the Early Cretaceous, this time produced by subduction with extension governed by the absolute motion of the South American plate. The onset of compression in the Late Cretaceous controlled the tectonic load subsidence of the continental deposits of the Chubut Group in a foreland basin. This basin, with a highly segmented basement and no confined margins also favored the existence of extensional faults with subparallel orientation to the main compressive stress during the Late Cretaceous. This system prevailed during the early Paleogene, with a conspicuous stress rotation, culminating in the Oligocene with an incipient primary extension associated with an intraplate alkali basaltic volcanism. This was associated with a decrease in the absolute displacement of the South American plate. The structure of the basin obtained the present geometry in the Neogene with the final development of the Bernárdides fold and thrust belt.

Keywords: *Patagonia, extension, compression, Weddell Sea, South Atlantic*

INTRODUCCIÓN

La evolución de la Cuenca Golfo San Jorge ha recibido la atención de numerosos trabajos entre los que se destacan las síntesis de Lesta *et al.* (1980), Clavijo (1986), Barcat *et al.* (1989), Fitzgerald *et al.* (1990), Homoc *et al.* (1995), Figari *et al.* (1999 a, b), Sylwan (2001), Sylwan *et al.* (2011), entre otros. En estos trabajos se observan dos grandes líneas de interpretación con

respecto al régimen tectónico que controló su relleno principal, los depósitos cretácicos del Grupo Chubut. La interpretación más aceptada y que prevalece en parte hasta nuestros días es la que propusieron Fitzgerald *et al.* (1990), Uliana *et al.* (1989), Homoc *et al.* (1995) y Figari *et al.* (1999 a, b), entre otros, para quienes el Grupo Chubut estaba controlado por la subsidencia termal tardía, que sigue al rifting neocombiano. Sin embargo, era evidente que los

depósitos del Grupo Chubut eran también afectados por fallamiento extensional (Paredes *et al.* 2013), el que también se observa activo reiteradamente en secuencias más jóvenes aunque con intensidad decreciente (Foix *et al.* 2012).

La figura 1 muestra las estructuras principales de la cuenca basadas en la síntesis de Figari *et al.* (1999 a, b), donde se destaca la zona de debilidad del sistema de los Bernárdides. Esta unidad fue definida por Fe-

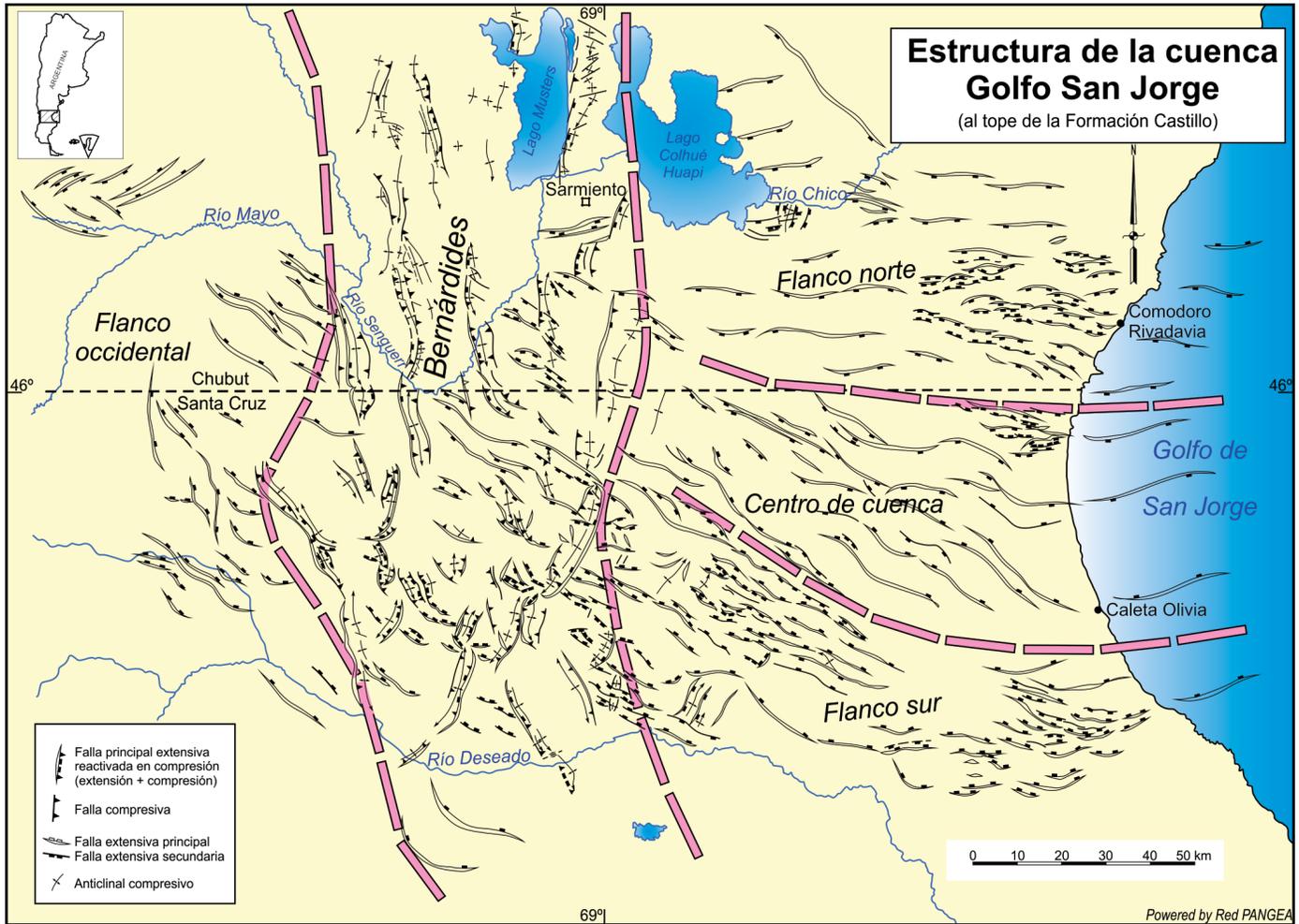


Figura 1: Esquema estructural de la Cuenca Golfo San Jorge (basado en Figari *et al.* 1999 a, b).

rello (1950, p. 34) para designar un “conjunto de estructuras de edad precámbrica que dieron origen a aquellas sierras de la región extra-andina, entre las cuales se destacan las que genéricamente se denominan Serranías de San Bernardo”. Este autor propuso este nombre para diferenciarlos de los Patagónides, orógeno de edad y orientación diferentes. Si bien la definición fue realizada en un trabajo inédito, esta denominación fue ampliamente usada a través de los años por numerosos investigadores siguiendo la propuesta original de Ferello (1950) (véase Ramos 1999). Este sistema tiene rumbo nor-noroeste y está escalonado con frecuentes fallas transversales, los cuales en conjunto siguen las antiguas estructuras neopaleozoicas. Hacia el este la tectónica dominante es este-oeste en el flanco norte y N70°O en el flanco sur. Estas líneas estructurales están controladas por el rifting previo (Ju-

rásico Temprano a Medio) a la apertura del Mar de Weddell y a la evolución del rifting asociado al desarrollo del océano Atlántico sur (Jurásico Tardío a Neocomiano). Por otro lado, el análisis de lo que sucedía en la Cordillera Patagónica mostraba una interrupción de la extensión vinculada con la apertura activa del océano Atlántico sur con una importante somerización de la placa subducida y el emplazamiento tectónico del batolito patagónico a los 98 ± 4 Ma (Ramos *et al.* 1982, p. 438, Ramos y Palma 1983). Estos efectos compresivos post-albianos son retomados en la parte extrandina para caracterizar el estilo estructural de la parte central de los Bernárdides (Ferello 1950, Barcat *et al.* 1984). Diversos autores siguiendo lo que se observaba en la cordillera, establecen el inicio de la estructuración contraccional en el Cretácico Tardío en una fase de transi-

ción que estaría asociada a una somerización de la placa (Barcat *et al.* 1989). Esta propuesta es retomada por Mpodozis y Ramos (1990, p. 82), Ramos (1999, p. 79), Folguera y Ramos (2011), y documentada también por Tunik *et al.* (2004). Estos últimos autores interpretan el pasaje de una procedencia de arco no disectado en la Formación Matasiete a un arco disectado en la Formación Castillo como indicio del levantamiento y exhumación del arco magmático. Evidencias directas de discordancias entre depósitos plegados infrayaciendo al Grupo Chubut son presentadas por Homocv *et al.* (2011) en la Cuenca Río Mayo y por Pérez *et al.* (2008) y Sylwan *et al.* (2011) en el sector de los Bernárdides. Sin embargo, Hechem y Strelkov (2002) plantean sus dudas sobre si la causa principal de la subsidencia de la cuenca Golfo San Jorge es la disipación de las anomalías

térmicas, o la flexura del antepaís ante los esfuerzos compresivos, o la transmisión de esfuerzos transcurrentes asociados a la deriva de América del Sur durante la apertura del océano Atlántico, o una combinación de todos ellos. Basado en los antecedentes previos y el actual conocimiento de la Cuenca Golfo San Jorge, el objetivo principal de este trabajo es tratar de analizar principalmente en el área continental, la coexistencia de fallamiento extensional junto a estructuras compresivas, en parte desarrolladas en forma casi simultánea.

EL BASAMENTO DE LA CUENCA

La Cuenca Golfo San Jorge cuenta con un importante control de su basamento en su estructuración mesozoica. Para su comprensión se debe tener en cuenta la historia paleozoica y los procesos tectónicos asociados de la región patagónica. El primer episodio bien documentado de su estructuración se desarrolló en el Cámbrico temprano, el cual se registra desde Tierra del Fuego hasta el Macizo de Somuncurá, con un metamorfismo de grado medio a bajo entre los 520 y 530 Ma (véase Ramos y Naipauer 2014). Este metamorfismo está asociado al proceso de amalgamación final del Gondwana. Hallazgos recientes permiten asociarlo a un margen conjugado con el basamento de la Antártida Oriental (González *et al.* 2011). Si bien las metamorfitas del subsuelo oriental de la cuenca no han sido datadas se pueden correlacionar litológicamente con las Ectinitas El Jagüelito cuyo control geocronológico actual permite circunscribirlas entre el Cámbrico medio y el Ordovícico Temprano (Ramos y Naipauer 2014). A esta unidad se pueden correlacionar parcialmente los gneisses del Complejo Metamórfico Deseado, de edad máxima de 565 Ma, más antiguos que los Esquistos La Modesta, cuya edad máxima es de 476 Ma (Moreira *et al.* 2005, 2007). Diversos autores, tanto sobre la base de la procedencia de los clastos de las Ectinitas El Jagüelito y rocas equivalentes, como por la edad de sus circones detríticos, las asocian como formando parte del oró-

geno de Ross (Chernicoff *et al.* 2013). Con posterioridad a la deformación orogénica se desarrolló un margen pasivo sobre la parte oriental de la Patagonia durante el Silúrico y Devónico, cuyos depósitos han quedado preservados principalmente en la margen oriental del Macizo de Somuncurá (Cortés 1981) y en las cuarcitas de Cabo Blanco (Ramos y Naipauer 2014). El subsuelo del sector occidental de la cuenca es atravesado en forma oblicua por un arco magmático asociado a la subducción pacífica que comenzó a desarrollarse en el Devónico y culminó con una colisión en el Carbonífero tardío (Pankhurst *et al.* 2006). Este arco magmático y las estructuras asociadas de rumbo noroeste a nor-noroeste atraviesan todo el sector occidental de la cuenca (Ramos 2008) y está asociado a un importante episodio de colisión neopaleozoico que controla la estructura del rifting mesozoico. La figura 2 muestra las diferencias entre las dos propuestas, que varían en que en la primera el arco magmático sale hacia el este por la parte central del Golfo de San Jorge (Pankhurst *et al.* 2006), mientras que en la segunda se continúa en el Macizo del Deseado y su extensión costa afuera en el alto de Punta Dúngen (Ramos 2008). La diferencia entre las dos alternativas es que de acuerdo a datos de subsuelo al norte de Comodoro Rivadavia y al este de la faja granítica que atraviesa la cuenca de rumbo noroeste se han intersectado rocas metamórficas (Lesta *et al.* 1980). Sin embargo, la faja con rocas graníticas atraviesa la cuenca continuando en el Macizo del Deseado. Estos granitos han sido detectados en el alto de Dúngen, mostrando la importancia de esta faja magmática paleozoica. Con posterioridad a este episodio de deformación orogénica se identifica el primer episodio de rifting de edad pérmica, correspondiente a los rift de La Golondrina, San Julián y El Tranquilo, los que se preservan en el Macizo del Deseado y en la cuenca adyacente costa afuera de San Julián (Homocv y Constantini 2001). Como resultado de las orogenias paleozoicas y del rifting posterior, el basamento de la Cuenca Golfo de San Jorge presenta un importante relieve y substanciales lí-

neas de debilidad que regirán la deformación posterior.

LA EXTENSIÓN PRIMARIA DE LA CUENCA

El inicio de la subducción en el Jurásico Temprano estuvo asociado a un régimen extensional que caracteriza el margen continental andino de América del Sur y es responsable del desarrollo de las cuencas de intra-arco, como la Cuenca Katterfeld descrita por Ramos y Palma (1983). Esta extensión estuvo asociada a la velocidad de *roll-back* negativa del Gondwana occidental cuya velocidad absoluta tenía un vector hacia el noreste (Fig. 3). Este movimiento absoluto del Gondwana occidental persistió hasta la apertura del Atlántico sur, cuando América del Sur inició su desplazamiento absoluto hacia el oeste (Somoza y Zaffarana 2008).

Este cambio se dio alrededor de los 115 Ma y fue responsable de una importante mudanza en el régimen tectónico de América del Sur que en su margen continental pacífico pasó de un sistema extensional generalizado, a un sistema compresivo en el sistema de subducción (véase Ramos 2010, Tunik *et al.* 2010).

El cambio en el régimen de subducción es acompañado por una extensión generalizada en el sector extrandino, que reactiva las antiguas líneas estructurales desarrolladas durante el Paleozoico.

La apertura del Mar de Weddell produce la habilitación de las Cuencas Río Mayo y Guenguel de orientación N70°O, donde se depositan los sedimentos neocomianos, vinculados a los depocentros de rift de esa edad en el sector extrandino. Con esa misma orientación se abren extensionalmente los depocentros del Lago Fontana-La Plata (Folguera y Iannizzotto 2004, Ramos y Lazo 2006), donde se depositan secuencias tafrogénicas. Los esfuerzos extensionales actuantes asociados al desmembramiento de la Península Antártica antes de los 160 Ma, controlaron además la apertura de la Cuenca Cañadón Asfalto en el Jurásico Temprano, el volcanismo de Lonco Trapial y las secuencias neojurásicas posteriores (Figari 2005, Cúneo *et al.* 2013), así como

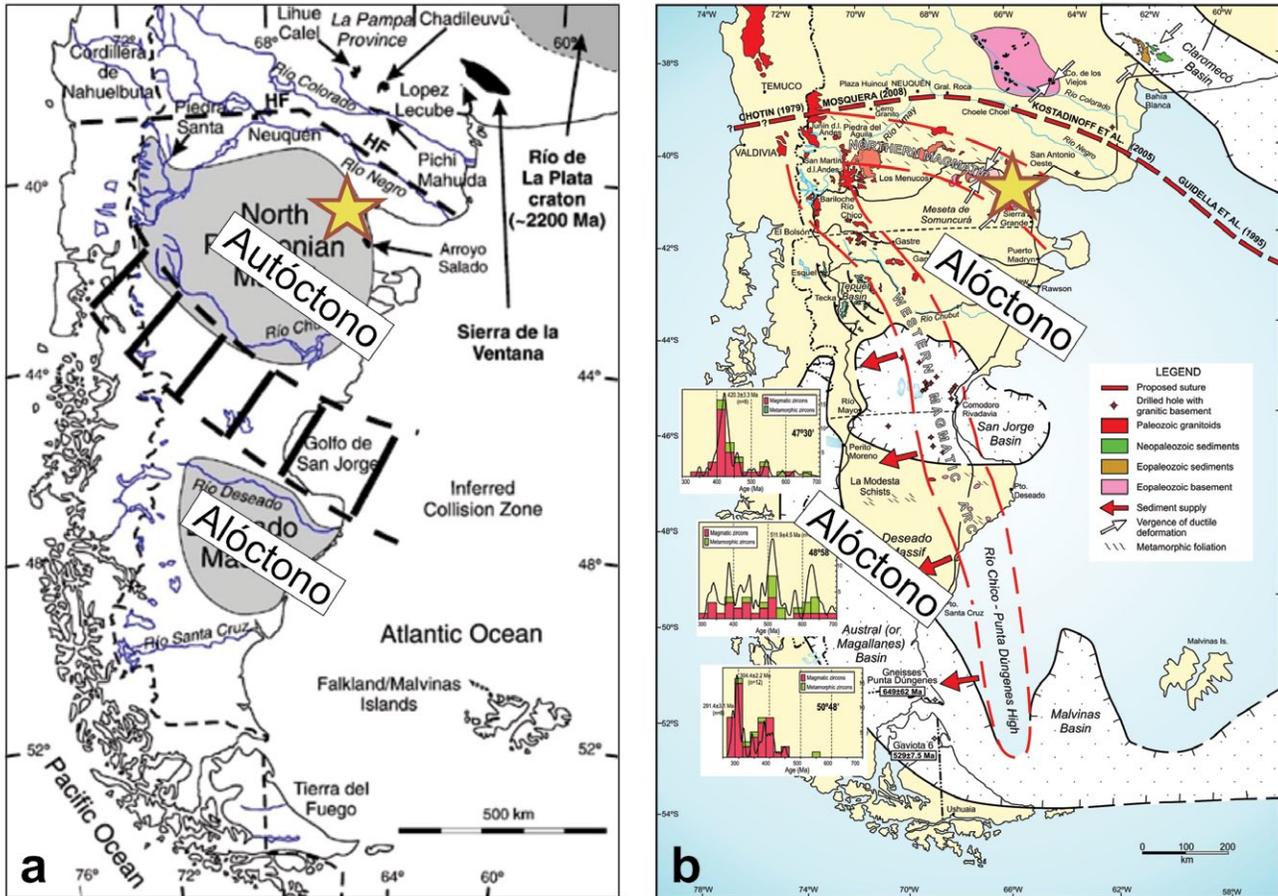


Figura 2: Propuestas alternativas sobre la evolución del basamento de la Cuenca Golfo San Jorge según a) Pankhurst *et al.* (2006) y b) Ramos (2008), con indicación de los sectores autóctonos y alóctonos para el Paleozoico. La estrella indica la localidad con archeociátidos en ambas propuestas.

los depósitos neocomianos de la Cuenca Golfo San Jorge. En ellas se destacan estructuras casi ortogonales al margen continental, que en su sector occidental se combinan con las estructuras neopaleozoicas. Un régimen extensional dominó la deposición de las rocas volcánicas jurásicas del Complejo El Quemado y el Grupo Lonco Trapial (Fig. 4), donde la sismica muestra semigrábenes y otros depocentros controlados activamente por fallas normales (Homoc *et al.* 1993, Rodríguez y Littke 2001). La Formación Springhill en el sector cordillerano marca el inicio de la subsidencia termal, que culmina con las Formaciones Río Mayer y Río Belgrano y unidades equivalentes. En la Cuenca Golfo San Jorge persiste la extensión durante la sedimentación del Grupo Las Heras en depocentros transversales al eje cordillerano. La etapa tafrogénica de la cuenca da lugar a un período de enfriamiento y subsidencia termal durante el Cretácico Temprano.

Esta subsidencia controla deposición de la sección inferior de la Cuenca Golfo San Jorge correspondiente a las Formaciones Matasiete y Pozo D-129. La edad de los depósitos lacustres de esta última unidad ha sido establecida mediante estudios palinológicos por Vallati (2013) en el Barremiano-Aptiano inferior. Estas unidades se pueden correlacionar con los depósitos marinos de la Formación Río Belgrano, cuya edad máxima basada en circones detríticos indica $115,1 \pm 2,1$ Ma (Ghiglione *et al.* 2014).

LAS ETAPAS COMPRESIVAS

La subsidencia por carga tectónica controla la deposición de la Formación Castillo y unidades más jóvenes del Grupo Chubut en una cuenca de antepaís, dado que el frente orogénico se ubicaba en las estribaciones precordilleranas de los Andes Patagónicos (véase Fig. 1). En esta etapa, im-

portantes episodios eruptivos de origen explosivo caracterizan la Formación Castillo a partir del Cenomaniano, que contiene niveles de tobas de caída pliniana procedentes de la Cordillera Patagónica, los que en sus términos superiores se hallan retrabajados por acción fluvial (Figari 2005). Nótese en la figura 4 la correlación de las edades K-Ar presentadas por Ramos y Drake (1987) con las edades actualmente aceptadas para las tobas de la Formación Castillo. Es de destacar que las nuevas edades U-Pb en circones realizadas en tobas de la parte superior de la Formación Río Tarde, aflorante en la Cordillera Patagónica a estas latitudes, dan una edad más antigua de $111,9 \pm 1,5$ Ma (Ghiglione *et al.* 2014), la que deberá ser confirmada por nuevas dataciones.

Los mejores ejemplos de discordancia angular se preservan en el sector extrandino, donde se observa deformación contraccional en la Cuenca Río Mayo, por debajo

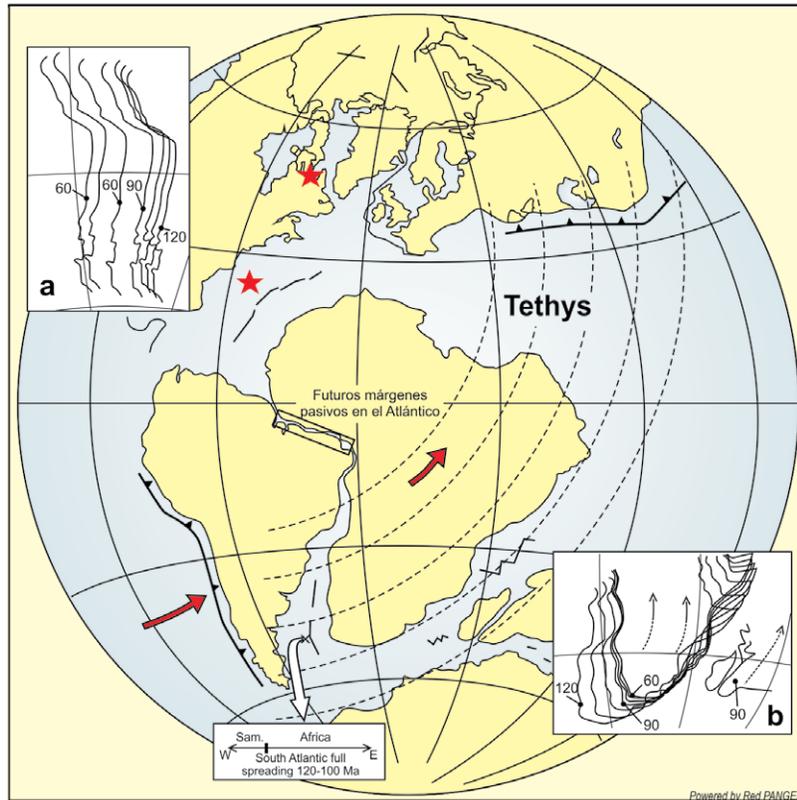


Figura 3: Movimiento absoluto del Gondwana Occidental antes de la apertura del océano Atlántico sur que controla el régimen extensional de la subducción (basado en Somoza y Zaffarana 2008). Nótese que el Gondwana occidental se desplaza en el mismo sentido que la placa pacífica.

del Grupo Chubut (Homovc *et al.* 2011). En el Paleógeno se sigue desarrollando la cuenca de antepaís entre los 40 y 30 Ma como se observa en la Gran Barranca al sur del lago Colhué Huapi, en parte asociada a la colisión de la dorsal sísmica oceánica de Farallón-Kula a los 42 Ma a estas latitudes (Ramos 2005). Durante el Oligoceno hay numerosas evidencias de extensión primaria relacionada a una brusca caída de la velocidad absoluta de la placa Sudamericana que se asocia a importantes derrames basálticos desde la Meseta de Somuncurá a los 27 Ma (Kay *et al.* 2007), hasta la parte central de la Cuenca Golfo San Jorge con basaltos de intraplaca cuyas edades varían entre 26,3 a 29,2 Ma (Re *et al.* 2010).

La importante estructuración del Mioceno temprano en los Andes Patagónicos controla la rápida subsidencia tectónica de la región pedemontana, la cual facilita la ingresión patagónica, representada en estos sectores por remanentes de la Formación Chenque (Paredes 2002), que co-

rresponderían a depósitos molásicos de edad Oligoceno tardío-Mioceno temprano (Parras *et al.* 2012, Cuitiño *et al.* 2012). Esta máxima transgresión marina es seguida por una importante estructuración que afecta a los Bernárdides y desarrolla las zonas principales de inversión tectónica (Homovc *et al.* 1995, Figari *et al.* 1999 a, b). Esta estructuración pudo haber estado asociada a un período de somerización de la losa oceánica subducida, que fragmenta la cuenca de antepaís (*broken foreland stage*) y levanta a los depósitos marinos patagónicos a su posición actual, aunque no se ha registrado una expansión previa del magmatismo de arco (Folguera y Ramos 2011). En el Mioceno superior comienza el empujamiento de la losa subducida, cuando basaltos en la región extrandina se apoyan sobre los depósitos continentales sinorogénicos de la Formación Santa Cruz. Estos basaltos de edad miocena tardía-pliocena son resultado de la extensión asociada al empujamiento final de la placa (Ramos 1981).

COEXISTENCIA DE COMPRESIÓN Y EXTENSIÓN

Si bien hay consenso en los procesos que afectaron el sector cordillerano a estas latitudes, no existe, como enuncian adecuadamente Hechem y Strelkov (2002), una comprensión similar de los potenciales mecanismos de subsidencia de la Cuenca Golfo San Jorge. Es más, si uno compara estos procesos con la evolución de la Cuenca Neuquina, ubicada en el mismo margen continental, sometida a la misma interacción con la placa Sudamericana, los resultados han sido muy diferentes. Cuando se analiza la evolución de la Cuenca Neuquina y del margen continental adyacente se observa una evolución semejante (véase Ramos y Folguera 2005).

La diferencia principal entre estas dos cuencas es la naturaleza del borde oriental. En la Cuenca Neuquina el margen noreste está dado por el Bloque de San Rafael y su continuidad hacia el sur que está constituido por un alto de basamento de rumbo noroeste y que se caracteriza por una corteza engrosada desde el Paleozoico tardío (Mescua *et al.* 2014). El margen sudeste está dado por el Macizo de Somuncurá, otro alto de basamento de rumbo noreste que marca un cambio cortical de primer orden (véase Fig. 2 de Sigismond y Ramos 2011). Estos dos altos estructurales que convergen hacia el este actúan como *buttress* en la propagación de la deformación, generando estructuras compresivas tanto en la plataforma oriental al norte de la dorsal de Huíncul, como en el sector sur de la cuenca. Se podría concluir que la Cuenca Neuquina ha tenido esfuerzos confinantes debido a la geometría de su antepaís y que no posee ningún margen libre donde se puedan producir fenómenos de escape o propagar la distensión asociada a los esfuerzos compresivos (Fig. 5). Sobre esta base, si se analizan los procesos observados en la Cuenca Golfo San Jorge se pueden obtener algunas consideraciones interesantes. En primer lugar el basamento de la Cuenca Golfo San Jorge ha sido profusamente segmentado durante las fases de apertura del Mar de Weddell y el océano Atlántico sur (Fitzgerald *et al.*

Cordillera Patagónica				Cuenca Golfo San Jorge			
Edad		Unidades estratigráficas	Edad en Ma		Unidades estratigráficas		
			Oeste	Este			
Cenozoico	Terciario	Mioceno	Fm. Santa Cruz			Fm. Santa Cruz	
						Fm. Patagonia	
		Oligoceno	Basalto Posadas	43.5 ± 2	18.53 ± 0.24		Fm. Chenque
		Eoceno			30.15 ± 0.17		Fm. Sarmiento
	Paleoceno			41.70 ± 0.38		Grupo Río Chico	
				62.08 ± 0.83		Fm. Salamanca	
				61.98 ± 0.04		Basalto La Angostura	
Mesozoico	Cretácico	Superior	Fm. Río Tarde	93.9 ± 9	67.31 ± 0.55	Fm. Laguna Palacios	
					85.1 ± 0.79		Fm. Bajo Barreal
					91.0 ± 0.49		Fm. Castillo
					94.2 ± 0.63		Fm. Matasiete
		Inferior	Fm. Belgrano	111.9 ± 1.5	95.08 ± 0.81		Fm. Pozo D-129
			Fm. Río Mayer	<115.1 ± 2.1	~97.9		
			Fm. Springhill		104.8 ± 0.75		
		Jurásico	Complejo El Quemado				
Paleozoico		Rocas metasedimentarias paleozoicas				Rocas metamórficas paleozoicas	

Figura 4: Correlación estratigráfica entre las secuencias de la Cordillera Patagónica y los depósitos de la Cuenca Golfo San Jorge. Edades basadas en Ramos y Drake (1987), Bridge *et al.* (2000), Re *et al.* (2010), Ghiglione *et al.* (2014) y Clyde *et al.* (2014). Nótese especialmente la correlación temporal de los depósitos sinorogénicos de la Formación Río Tarde y los depósitos de la Formación Castillo.

1990, Homovc *et al.* 1993, Rodríguez y Littke 2001). Esto marca un fuerte contraste con el basamento de la Cuenca Neuquina donde los sistemas de rift están más localizados (véase Vergani *et al.* 1995, Mosquera y Ramos 2006). Este hecho hace que el basamento tenga un comportamiento menos rígido ante los esfuerzos distensivos que reactivan fallas normales previas. Otro carácter importante es las repetidas fases de fallamiento normal que se observan principalmente en el sector al este de la faja plegada y corrida de los Bernárdides (Fig. 5). Estas fallas normales han sido activas durante la sedimentación del Grupo Chubut en el Cretácico Tardío, como han sido caracterizadas por Figari *et al.* (1999 a,b), Sylwan *et al.* (2011) y Paredes *et al.* (2013), entre otros. Estos autores reconocen fallas extensionales predominantemente este-oeste, correspondientes a una dirección de extensión norte-sur, que es

en parte atribuida a trastensión. Sin embargo, la dirección de extensión es congruente con una orientación este-oeste de esfuerzos compresivos para el Cretácico Tardío como la propuesta para este margen por Mosquera y Ramos (2006), lo que implicaría que la zona más oriental estuvo sometida a esfuerzos distensivos como los propuestos por Paredes *et al.* (2013), controlados por la fábrica extensional previa y la existencia de márgenes libres no confinados tanto al norte como al sur de la cuenca.

Este mecanismo de distensión se vuelve a observar en las Formaciones Salamanca y Río Chico durante nuevos esfuerzos compresivos, en especial en esta última, como lo proponen Foix *et al.* (2012). Sin embargo, el análisis de los esfuerzos realizado por estos autores muestra una rotación de la dirección de extensión que podría deberse a la rotación entre el Cretácico Tar-

dío y el Neógeno de los vectores de convergencia. Durante el Paleógeno pudo haber habido componentes trastensionales en la dirección de distensión producidos por transcurrancia.

En el Oligoceno domina un período de baja velocidad de desplazamiento absoluto de la placa sudamericana que podría haber controlado el magmatismo extensional de la región central de la Cuenca Golfo San Jorge y sus basaltos alcalinos asociados (Re *et al.* 2010).

CONCLUSIONES

El análisis realizado muestra que el sector de la placa Sudamericana donde se desarrolla la Cuenca Golfo San Jorge, estuvo sometido a diversos esfuerzos orogénicos y extensionales. Las estructuras paleozoicas han controlado la inyección de las fallas extensionales durante el Mesozoi-

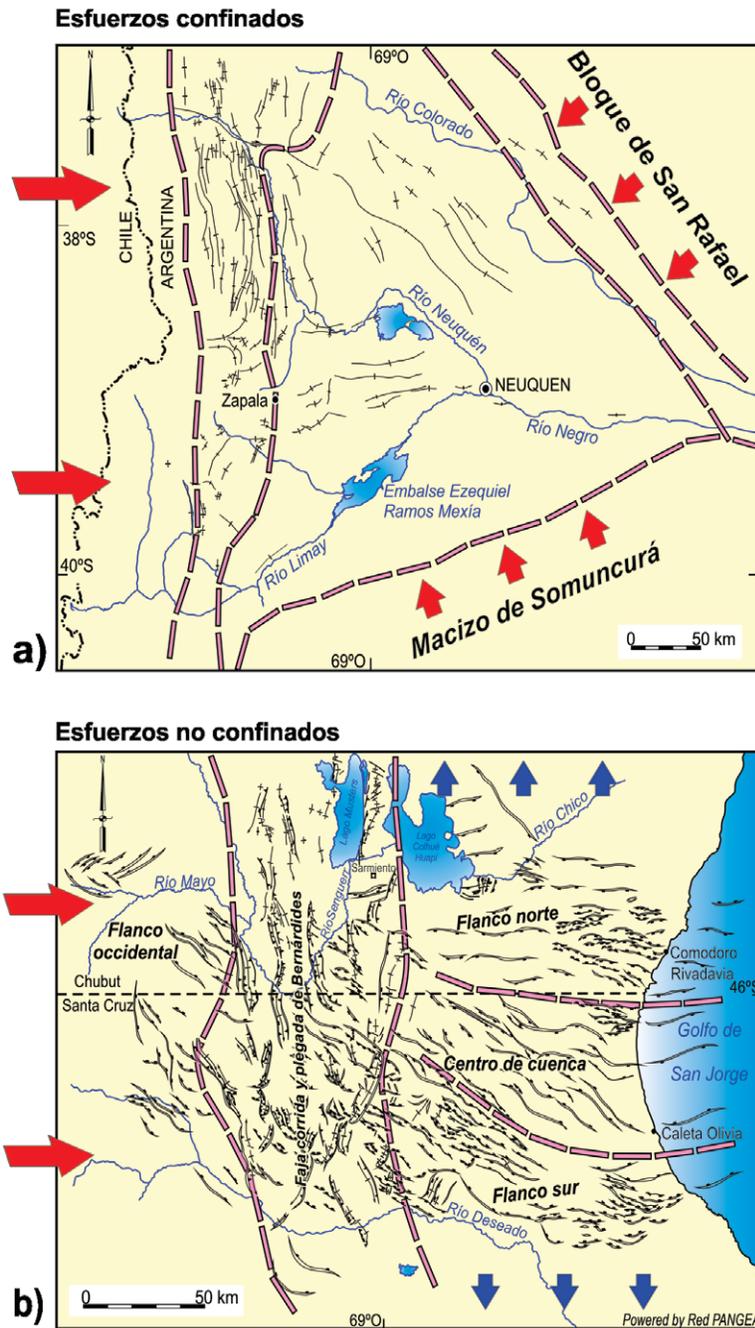


Figura 5: Variación de los esfuerzos en las Cuencas Neuquina y Golfo San Jorge ante regímenes, a) confinado y b) no confinados.

co temprano. El inicio de la compresión andina a estas latitudes durante el Cretácico Tardío, produjo una extensa cuenca de antepaís representada por los depósitos del Grupo Chubut, cuyo mecanismo de subsidencia estuvo gobernado por carga tectónica. Los depósitos de esta cuenca en su sector occidental a su vez fueron deformados durante el avance de la faja plegada y corrida de los Bernárdides, de-

sarrollada hasta por lo menos el Mioceno tardío. Su sector oriental ubicado hacia el este del frente de corrimientos, presenta numerosas evidencias de fallas distensivas, subparalelas al esfuerzo principal o máximo. Esta dirección de extensión o esfuerzo mínimo fue ortogonal al esfuerzo compresivo principal, y las fallas normales desarrolladas en esta etapa se vieron favorecidas por la debilidad de su basamento,

ya fracturado extensionalmente, y por la naturaleza no confinada de los esfuerzos. Durante el Paleógeno taedío una nueva fase compresiva controla la sedimentación de las Formaciones Salamanca y Río Chico que están asociadas a subsidencia de carga tectónica, pero que presentan estructuras normales producidas por similares mecanismos que las del Cretácico Superior. Sin embargo, la rotación tanto de los esfuerzos compresivos, como de la orientación de las fallas normales permitiría que actuasen esfuerzos trastensionales asociados a estructuras de desplazamiento de rumbo. La fuerte compresión neógena produjo la estructura actual de la Cuenca Golfo San Jorge.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su reconocimiento al Dr. José Paredes de la Universidad Nacional de La Patagonia San Juan Bosco por haberlo invitado a participar en Marzo de 2013 en las Primeras Jornadas Geológicas de la Cuenca del Golfo San Jorge, que motivaron el presente estudio. El autor desea agradecer a los doctores Carlos Cingolani y Raúl Giacosa por la revisión del manuscrito y sus interesantes críticas que han mejorado sustancialmente el trabajo. Esta es la contribución R-141 del Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber".

TRABAJO CITADOS EN EL TEXTO

- Barcat, C., Cortiñas, J.S., Nevistic, V.A., Stach, N.H. y Zucchi, H.E. 1984. Geología de la región comprendida entre los lagos Musters - Collhue Huapi y la Sierra Cuadrada, departamento Sarmiento y Paso de indios, provincia de Chubut. 9º Congreso Geológico Argentino (Bariloche), Actas 2: 263-282. Buenos Aires.
- Barcat, C., Cortiñas, J.S., Nevistic, V.A. y Zucchi, H.E. 1989. Cuenca Golfo San Jorge. Chelbli, G.A. y Spalletti, L.A. (Eds.), Cuencas Sedimentarias Argentinas. Simposio Cuencas Sedimentarias Argentinas, Serie Correlación Geológica 6, p. 319-345, Tucumán.
- Bridge, J.S., Jalfin, G.A. y Georgieff, S.M. 2000. Geometry, lithofacies, and spatial distribution of Cretaceous fluvial sandstone bodies,

- San Jorge Basin, Argentina: outcrops analog for the hydrocarbon-bearing Chubut Group. *Journal of Sedimentary Research* 70: 319-337.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Santos, J.O.S., McNaughton, N.J. y Belousova, E. 2013. Combined U-Pb SHRIMP and Hf isotope study of the Late Paleozoic Yaminué Complex, Rio Negro Province, Argentina: Implications for the origin and evolution of the Patagonia composite terrane. *Geoscience Frontiers* 4: 37-56.
- Clavijo, R. 1986. Estratigrafía del Cretácico Inferior en el sector occidental de la Cuenca del Golfo San Jorge. *Boletín Informaciones Petroleras* 3: 15-32.
- Clyde, C.W., Wilf, P., Iglesias, A., Slingerland, R.L., Barnum, T., Bij, P.K., Bralower, T.J., Brinkhuis, H., Comer, E.E., Huber, B.T., Ibañez-Mejía, I., Jicha, B.R., Krause, J.M., Schueth, J.D. Bradley, Singer, S., Raigemborn, M.S., Schmitz, M.D., Sluijs, A. y Zamaloa, M.C. 2014. New age constraints for the Salamanca Formation and lower Río Chico Group in the western San Jorge Basin, Patagonia, Argentina: Implications for Cretaceous-Paleogene extinction recovery and land mammal age correlations. *Bulletin Geological Society of America* 126: 289-306.
- Cortés, J.M. 1981. El sustrato precretácico del extremo noreste de la provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 36: 217-253.
- Cuitiño, J.I., Pimentel, M.M., Ventura-Santos, R. y Scasso, R.A. 2012. High resolution isotopic ages for the early Miocene "Patagoniense" transgression in Southwest Patagonia: Stratigraphic implications. *Journal of South American Earth Sciences* 38: 110-122.
- Cúneo, R., Ramezani, J., Scasso, R., Pol, D., Escapa, I., Zavattieri, A.M. y Bowring, S.A. 2013. High-precision U-Pb geochronology and a new chronostratigraphy for the Cañadón Asfalto Basin, Chubut, central Patagonia: implications for terrestrial faunal and floral evolution in Jurassic. *Gondwana Research* 24: 1267-1275.
- Ferello, R. 1950. Levantamiento geológico de la región al oeste del lago Musters Anticlinal VI. YPF (informe inédito), Buenos Aires.
- Figari, E. 2005. Estructura y evolución geológica de la Cuenca de Cañadón Asfalto, provincia del Chubut. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita), 176p., Buenos Aires.
- Figari, E., Strelkov, E.E., Laffitte, G., Cid de la Paz, M., Courtade, S., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, P., Martínez, R. y Villar, H. 1999a. Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica. 4° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 197-237, Buenos Aires.
- Figari, E., Strelkov, E.E., Laffitte, G., Cid de la Paz, M., Courtade, S., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, P., Martínez, R., Villar, H. 1999b. Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica. *Boletín de Informaciones Petroleras, Tercera Época* 16: 54-90.
- Fitzgerald, M.G., Mitchum, R.M., Uliana, M.A. y Biddle, K.T. 1990. Evolution of the San Jorge Basin, Argentina. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 74: 879-920.
- Foix, N., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E. 2012. Upper Cretaceous-Paleocene extensional phase in the Golfo San Jorge basin (Argentina): growth-fault model, paleoseismicity and paleostress analysis. *Journal of South American Earth Sciences* 33: 110-118.
- Folguera, A. y Ianizzotto, N. 2004. The Lagos La Plata y Fontana fold and thrust belt. Long lived orogenesis at the edge of western Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 541-566.
- Folguera, A. y Ramos, V.A. 2011. Repeated eastward shifts of arc magmatism in the Southern Andes: A revision to the long-term pattern of Andean uplift and magmatism. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 531-546.
- Ghiglione, M.E., Naipauer, M., Barberón V., Ronda, G., Pereyra-Fernández, E., Aguirre-Urreta, B., Valencia, V. y Ramos, V.A. 2014. Early Cretaceous (Aptian) uplift of Patagonia recorded on detrital zircons population from the Patagonian Andes. 19° Congreso Geológico Argentino, Actas S22-24, 2p., Córdoba.
- González, P.D., Tortello, F. y Damborenea, S. 2011. Early Cambrian archaeocyathan limestone blocks in low-grade metaconglomerate from El Jagüelito Formation (Sierra Grande, Río Negro, Argentina). *Geologica Acta* 9: 159-173.
- Hechem, J.J. y Strelkov, E.E. 2002. Secuencia sedimentaria mesozoica del Golfo San Jorge. En: Haller, J.M. (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*: 129-147, Buenos Aires.
- Homoc, J.F. y Constantini, L.A. 2001. Hydrocarbon exploration potential within intraplate shear-related depocenters, Deseado and San Julián basins, southern Argentina. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 85: 1795-1816.
- Homoc, J.F., Conforto, G.A. y Lafourcade, P.A. 1993. Faja plegada en el subsuelo de la cuenca del Golfo San Jorge: ejemplo de inversión tectónica. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 3: 233-240, Buenos Aires.
- Homoc, J.F., Conforto, G.A., Lafourcade, P.A. y Chelotti, L.A. 1995. Fold belt in the San Jorge Basin, Argentina: an example of tectonic inversion. En: Buchanan, J.G. y Buchanan, P.G. (Eds.), *Basin Inversion*. Geological Society, Special Publication 88: 235-248.
- Homoc, J.F., Navarrete, C., Marshall, P., Masquere, S. y Cerdán, J. 2011. Inversión tectónica intra-cretácica de la Subcuenca de Río Mayo, Chubut, Argentina. 18° Congreso Geológico Argentino, Actas: 1418-1419, Neuquén.
- Kay, S.M., Ardolino, A., Gorring, M. y Ramos, V.A. 2007. The Somuncura Large Igneous Province in Patagonia: Interaction of a Transient Mantle Thermal Anomaly with a Subducting Slab. *Journal of Petrology* 48: 43-77.
- Lesta, P., Ferello R. y Chebli, G. 1980. Chubut Extraandino. En: Turner, J.C. (Ed.), *Segundo Simposio Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, 2: 1306-1387, Córdoba.
- Mescua, J.F., Giambiagi, L.B., Tassara, A., Giménez, M. y Ramos, V.A. 2014. Influence of pre-Andean history over Cenozoic foreland deformation: Structural styles in the Malargüe fold-and-thrust belt at 35°S, Andes of Argentina. *Geosphere* 10: 585-609.
- Moreira, P., González, P.D., Fernández, R., Echeveste, H., Schalamuk, I. y Etcheverry, R. 2005. El basamento metamórfico de muy bajo a bajo grado de las estancias La Modesta y La Josefina, macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60: 49-63.
- Moreira, P., Fernández, R., Hervé, F. y Fanning, C.M. 2007. U-Pb SHRIMP ages from detrital zircons of the La Modesta Formation, Deseado Massif, Argentina. *Geosur 2007, An International Congress on the Geology and Geophysics of the Southern Hemisphere*, Abstracts: 104, Santiago de Chile.

- Mosquera, A. y Ramos, V.A. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Basin. En: Kay, S.M. y Ramos, V.A. (Eds.), *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S latitude)*. Geological Society of America, Special Paper 407: 97-124.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A. 1990. The Andes of Chile and Argentina. En: Ericksen, G.E., Cañas Pinochet, M.T. y Reinemud, J.A. (Eds.), *Geology of the Andes and its relation to Hydrocarbon and Mineral Resources*, Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series, 11: 59-90, Houston.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. y Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews* 76: 235-257.
- Paredes, J.M. 2002. Asociaciones de facies y correlación de las sedimentitas de la Formación Chenque (Oligoceno-Mioceno) en los alrededores de Comodoro Rivadavia, Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 9: 53-64.
- Paredes, J.M., Plazibat, S., Crovetto, C., Stein, J., Cayo, E. y Schiuma, A. 2013. Fault kinematics and depocenter evolution of oil-bearing, continental successions of the Mina del Carmen Formation (Albian) in the Golfo San Jorge basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 46: 63-79.
- Parras, A., Dix, G.R. y Griffin, M. 2012. Sr-isotope chronostratigraphy of Paleogene-Neogene marine deposits: Austral Basin, southern Patagonia (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 37: 122-135.
- Pérez, D.J., Yagupsky, D.L., García, V.H. y Cristallini, E.O. 2008. Análisis estructural del Flanco Oeste (Concesión Anticlinal Grande-Funes) Cuenca del Golfo San Jorge. *Pan American Energy (Informe Inédito)*, Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1981. Descripción geológica de la Hoja 47 a-b Lago Fontana, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 183: 1-130, Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 41-96, Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 2005. Seismic ridge subduction and topography: foreland deformation in the Patagonian Andes. *Tectonophysics* 399: 73-86.
- Ramos, V.A. 2008. Patagonia: A Paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences* 26: 235-251.
- Ramos, V.A. 2010. The tectonic regime along the Andes: Present settings as a key for the Mesozoic regimes. *Geological Journal* 45: 2-25.
- Ramos, V.A., Niemeyer, H., Skarmeta, J. y Muñoz, J. 1982. Magmatic evolution of the Austral Patagonian Andes. En: Cordani, U. y Linares, E. (Eds.), *Symposium on Magmatic Evolution of the Andes*, *Earth Science Review* 18: 411-443.
- Ramos, V.A. y Drake, R. 1987. Edad y significado tectónico de la Formación Río Tarde (Cretácico) Lago Posadas, Provincia de Santa Cruz. 10° Congreso Geológico Argentino Actas 1: 143-148, Tucumán.
- Ramos V.A. y Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: Constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En: Veiga, G. *et al.* (Eds.), *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. The Geological Society, Special Publication 252: 15-35, London.
- Ramos, V.A. y Lazo, D.G. 2006. La Formación Tres Lagunas en las nacientes del arroyo Blanco al sur de Lago La Plata, Chile. 11° Congreso Geológico Chileno (Antofagasta), Actas 1: 299-302.
- Ramos, V.A. y Naipauer, M. 2014. Patagonia: Where does it come from? *Journal of Iberian Geology* 40: 367-379.
- Ramos, V.A. y Palma, M.A. 1983. Las lutitas pizarreas fosilíferas del cerro Dedo, Lago La Plata y su significado tectónico, provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 38: 148-160.
- Re, G.H., Bellosi, E.S., Heizler, M., Vilas, J.F., Madden, R.H., Carlini, A.A., Kay, R.F. y Vucetich, M.G. 2010. A geochronology for the Sarmiento Formation at Gran Barranca. En: Madden, R.H., Carlini, A.A., Vucetich, M.G. y Kay, R.F. (Eds.), *The Paleontology of Gran Barranca*, *Evolution and Environmental change through the Middle Cenozoic of Patagonia*. Cambridge University Press: 46-60, Cambridge.
- Rodríguez, J.F.R. y Littke, R. 2001. Petroleum generation and accumulation in the Golfo San Jorge Basin, Argentina: a basin modeling study. *Marine and Petroleum Geology* 18: 995-1028.
- Sigismondi, M.E. y Ramos, V.A. 2011. El basamento de la Cuenca Neuquina. En: Leanza, H. *et al.* (Eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*, 317-326, Neuquén.
- Somoza, R. y Zaffarana, C.B. 2008. Mid-Cretaceous polar standstill of South America, motion of the Atlantic hotspots and the birth of the Andean Cordillera. *Earth and Planetary Science Letters* 271: 267-277.
- Sylwan, C.A. 2001. Geology of the Golfo San Jorge Basin, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27: 123-157.
- Sylwan, C., Droeven, C., Iñigo, J., Mussel, F. y Padva, D. 2011. Cuenca del Golfo San Jorge. 8° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Simposio Cuencas Argentinas: visión actual, Actas electrónicas, 46 p., Buenos Aires.
- Tunik, M.A., Vietto, M.E., Sciutto, J.C. y Estrada, E. 2004. Procedencia de areniscas del Grupo Chubut en el área central de la Sierra de San Bernardo. Análisis preliminar. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 601-606.
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M. y Ramos, V.A. 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén basin: constraints on the Andean uplift from U-Pb and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics* 489: 258-273.
- Uliana, M.A., Biddle, K.T. y Cerdán, J. 1989. Mesozoic extension and the formation of Argentine sedimentary basins. En: Tankard, A.J. y Balkwill H.R. (Eds.), *Extensional tectonics and stratigraphy of the North Atlantic margins*, American Association Petroleum Geologists, Memoir 46: 599-614, Tulsa.
- Vallati, P. 2013. A Mid-Cretaceous palynoflora with Tucanopolis crisopolensis from D-129 Formation, San Jorge Gulf Basin, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia* 16: 237-244.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Belotti, H.J. y Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., Suárez, R. y Welsink, H.J. (Eds.), *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 383-40, Boulder.

Recibido: 8 de agosto, 2014

Aceptado: 9 de octubre, 2014